

## **REVISÃO BIBLIOGRÁFICA SOBRE A SINERGIA ENTRE *LEAN PRODUCTION* E ERGONOMIA**

**Wastony Bittencourt\*, Anabela Alves, Pedro Arezes**

Universidade do Minho, Escola de Engenharia, Departamento de Produção e Sistemas

\*Email:bwastony@hotmail.com

**RESUMO:** Neste artigo apresenta-se uma revisão bibliográfica e propõe-se uma reflexão acerca dos aspectos ergonómicos envolvidos na aplicação das técnicas de Lean Production (LP). Lean Production é um modelo organizacional de produção que procura a redução dos custos através da eliminação dos desperdícios em toda a cadeia de valor. Nesta eliminação procuram-se também formas de reduzir esforços do trabalhador o que vai de encontro à Ergonomia. Esta disciplina preocupa-se com a saúde e o bem-estar humano no trabalho e em simultâneo com o desempenho global do sistema. Lean Production foi o modelo de produção adoptado pela empresa Toyota nos anos 50 no Toyota Production System e representou uma alternativa ao sistema tradicional de produção, baseado no Taylorismo/Fordismo. Para que esse sistema seja efetivado são utilizadas técnicas, tais como sistema JIT, Jidoka, técnica kanban, layout celular e setup rápido. Este artigo analisa como estas técnicas podem contribuir para a Ergonomia dos postos de trabalho e desta forma, para a saúde e segurança dos colaboradores, fomentando uma relação sinérgica entre Lean Production e Ergonomia que conduz à melhoria do desempenho global.

### **1.INTRODUÇÃO**

Lean Production tem sido a designação usada para o sistema da Toyota, Toyota Production System (TPS) (Monden, 1983), desde a publicação do livro “The machine that changed the world” de investigadores do MIT (Womack et al., 1990). A implementação de Lean Production nas empresas é uma realidade (Melton, 2005, Liker & Morgan, 2006), que se propaga desde empresas de bens (atravessando todos os sectores industriais) às empresas de serviços. Esta implementação traz, normalmente, benefícios (Shah & Ward, 2003, Melton, 2005, Page, 2007, LEI, 2009) para as empresas embora seja possível encontrar na literatura muitos autores a apontarem numa empresa Lean muitos problemas relacionados com os aspectos ergonómicos como mostra a revisão de Arezes et al. (2010).

Este artigo tem como objectivo geral mostrar que a implementação de técnicas Lean vai também conduzir a melhorias na ergonomia dos postos de trabalho, existindo entre este modelo de produção e a disciplina de ergonomia uma relação de sinergia. Esta sinergia contribui para o bem-estar dos trabalhadores e para o desempenho global da empresa. Nesse sentido, analisam-se as técnicas de Lean Production à luz da Ergonomia e reflecte-se sobre a sinergia existente entre este modelo e Ergonomia.

Este artigo caracteriza-se como uma revisão de literatura. Neste sentido, procuraram-se publicações nas áreas de ergonomia e produção Lean, com ênfase nas ferramentas. Para cada uma das ferramentas foram destacados os aspectos ergonómicos mais relevantes pertinentes relativamente à saúde e segurança dos trabalhadores. Esta temática tem sido bastante abordada na literatura, nomeadamente, na literatura brasileira, valendo a pena referir o trabalho de Elias & Merino (2007).

## **2. CONTEXTUALIZAÇÃO HISTÓRICA DOS MODELOS DE PRODUÇÃO**

A era industrial é relativamente nova na história humana, tendo-se iniciado, aproximadamente, há 260 anos com a Revolução Industrial Clássica, inicialmente na Inglaterra, depois estendendo-se a outros países europeus, Rússia, Japão e aos Estados Unidos no século XIX. A Revolução Industrial foi um fenômeno extremamente complexo tendo se originado de factores que se acumularam durante séculos. Essa revolução consolidou o sistema capitalista de produção e criou a sociedade industrial. Antes, o que se tinha era a produção artesanal que era o trabalho de pessoas extremamente habilidosas na produção de certos bens e que passaram a produzi-los de acordo com a demanda de terceiros (Martins & Laugeni, 2009).

A Primeira Revolução Industrial (1750-1860) foi caracterizada pela hegemonia inglesa e pelo uso do carvão e do ferro e pela máquina a vapor; a Segunda Revolução Industrial (1870-1960) foi marcada pela expansão da industrialização para outros países além da Inglaterra, pelo aparecimento de novas fontes de energia como o petróleo, novas tecnologias e pela substituição do ferro pelo aço como principal matéria prima. Após a Segunda Guerra Mundial, a industrialização estendeu-se, de forma tardia, para alguns países chamados subdesenvolvidos, hoje classificados como emergentes.

A evolução dos sistemas de produção deu-se no início do século XX, onde foram iniciadas as primeiras especializações da produção e do trabalho. A partir do início do século XX as empresas começaram a racionalizar as máquinas e aumento do volume de produção com redução da força de trabalho. Os Estados Unidos foram os primeiros a implementar a especialização.

Frederick W. Taylor é frequentemente chamado o pai da Gestão Científica pois acreditava que a gestão adequada devia desenvolver métodos de trabalho, ensinar os trabalhadores, e ver o que eles diziam. Começando como um trabalhador comum em Midvale Steel, ocupou uma série de postos de trabalho, trabalhando através da hierarquia até se tornar chefe da fábrica de engenheiros. Taylor sabia que as melhorias deviam começar com os trabalhadores.

Henry Ford teria sido o primeiro a aplicar os princípios da Gestão Científica na sua fábrica de produção automóvel: 1) parcelarização: uma tarefa; 2) especialização: um posto de trabalho; 3) individualização: um homem; 4) Imposição de tempos: um tempo-padrão; 5) Separação das funções de controlo e das funções de execução: um controlo especializado e 6) Separação das funções de concepção, decisão e coordenação, das funções de execução: uma hierarquização social (Liu, 1983 em Graça, 2002). Ford foi, assim, o criador, em 1914, da linha de montagem móvel e mecanizada, que passou a ser o modelo de produção de referência até então, em razão da drástica melhoria de produtividade que proporcionava. Estava então instituído o modelo Fordista de produção, que passou a chamar-se de produção em massa.

Após a Segunda Guerra Mundial os americanos ajudaram a reconstruir a Europa e o Japão arrasados pela guerra, com a implementação de planos de ajuda económica. Estava iniciando-se a Terceira Revolução Industrial, fortemente alicerçada na ciência e na tecnologia. Os Estados Unidos perderam a competitividade de seus produtos com o surgimento de novas técnicas de produção implementados pelos japoneses, deixando os americanos preocupados com a gestão de produção. América entrou na década de 1970 complacentemente e sem reconhecer o impacto das transformações em curso nos mercados mundiais. Empresas americanas continuaram a produzir de forma eficiente

padronizando bens em massa, quando os clientes já exigiam produtos mais personalizados com diferentes níveis de qualidade e preço. No início de 1980 algumas empresas americanas começaram a responder ao emergente mercado global. Na década de 1980 surgiu a produção impulsionada onde os clientes é que determinavam as linhas de produção, não eram mais as empresas que determinavam os produtos para o mercado, mas os clientes que exigiam a qualidade, custo e tempo.

Na década de 1990 as empresas começam a se preocupar com a economia de escopo, a flexibilidade, variabilidade, simplicidade e a melhoria contínua. Estas são as respostas dinâmicas dessas empresas que percebem que a importância da produção maciça tinha diminuído. Embora a produção em massa ainda fosse utilizada, o rendimento da produção já não é a única coisa a ser considerado. A filosofia de fabricar por excelência e de forma específica estava substituindo a filosofia da produção em massa e os japoneses já estavam melhorando seus sistemas de produção para o conseguir.

A espinha dorsal de qualquer sistema de produção é o processo de fabricação, um fluxo do processo com dois grandes componentes de materiais e de informações. O fluxo físico do material pode ser visto, mas o fluxo das informações é imaterial e mais difícil de seguir. Ambos os tipos de fluxo sempre existiram, no entanto, no passado, o fluxo de informação foi de menor importância. Com a Revolução Tecnológica e a Revolução Informacional e as novas tecnologias da informação redesenharam sistemas de produção, de modo que a informação é fluxo crítico.

O objectivo dos sistemas de produção é produzir produtos: bens e/ou serviços, no mínimo tempo possível ao menor custo e com a melhor qualidade. O processo de conversão (de produção) de matérias-primas em produtos vai acrescentando valor em todas as fases. Em cada fase da conversão realizada (com um custo) agrega-se valor à matéria-prima. Quando este valor acrescentado ao processo for concluído, o produto está pronto. Para Ohno (1988) isto significa: *“All we are doing is looking at the time line from the moment the customer gives us an order to the point when we collect the cash. And we are reducing that time line by removing the non-value-added wastes.”*

Actualmente este objectivo é assumido como garantia e o cliente pede produtos cada vez mais diferenciados e exclusivos exigindo dos sistemas de produção uma reconfiguração dinâmica para conseguir produzir tais produtos (Alves, 2007). Está-se numa era de um modelo de produção designado de “mass customization” (Davis, 1987). Pine (1993) define este conceito como: *“the ability of a firm to produce a variety of customized products quickly, on a large scale, and at a cost comparable to mass production”*. Significa isto produzir em massa produtos individualizados para os clientes assegurando rapidez de resposta e a um custo apenas conseguido na produção em massa do mesmo produto (Tu et al., 2004).

### **3. LEAN PRODUCTION E A ERGONOMIA**

À procura de outro modelo de produção que não o modelo em massa, a empresa Toyota criou a produção Lean, implementando-a no seu sistema de produção. Descreve-se de seguida este modelo de organização da produção e define-se Ergonomia.

#### **3.2. Lean Production**

Lean production foi a designação usada para designar o *Toyota Production System* (TPS) (Monden, 1983, Ohno, 1988) que surgiu no Japão, na fábrica de automóveis

Toyota, logo após a Segunda Guerra Mundial. Nesta época a indústria japonesa tinha uma produtividade muito baixa e uma enorme falta de recursos, o que naturalmente a impedia adoptar o modelo da produção em massa o que a levou a criar produção Lean implementado no sistema TPS. A criação do sistema se deve a três pessoas: o fundador da Toyota e mestre de invenções, Toyoda Sakichi, seu filho Toyoda Kiichiro e o principal executivo, o engenheiro Taiichi Ohno. Os conceitos chave associados a este sistema são: produção JIT, Jidoka (ou autonomation), força de trabalho flexível e pensamento criativo (Monden, 1983). Estes conceitos são os pilares do sistema TPS (Fig. 1).

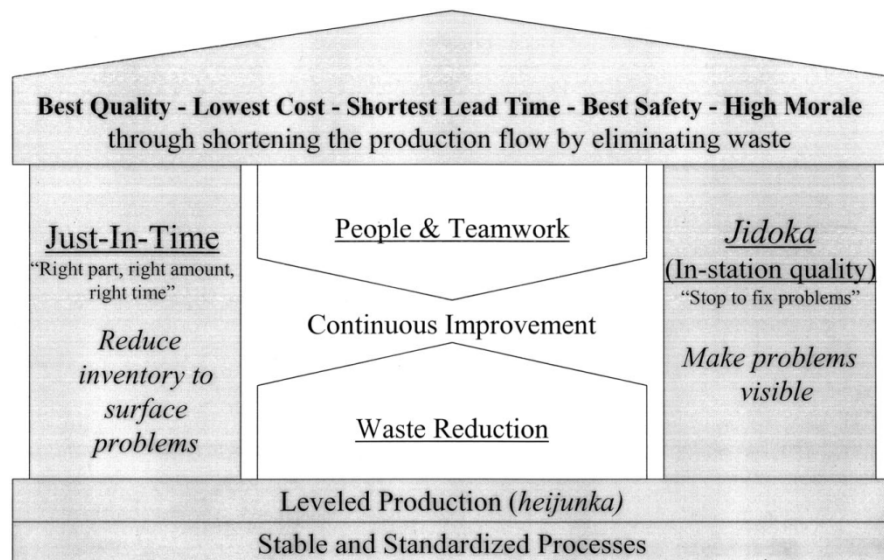


Fig. 1. Casa TPS (Liker & Morgan, 2006)

O TPS objectiva combater os desperdícios (ou *muda*, em japonês) que, segundo Ohno (1988), caracterizavam o sistema de produção preconizado por Henry Ford. É por fazer mais com menos recursos (menos pessoas, menos espaço, menos stocks,...), i.e., “*doing more, with less*” que investigadores do MIT (Womack et al., 1990) designam este sistema de produção Lean (produção magra ou enxuta). Desperdício significa qualquer actividade que absorve recursos mas que não cria valor.

Ohno (1988) estabeleceu como passo preliminar para a aplicação do TPS a identificação e eliminação dos 7 desperdícios (ou perdas) fundamentais: sobreprodução; esperas; transporte desnecessário; sobreprocessamento ou processamento incorrecto; stock desnecessário; deslocação desnecessária de pessoas e produtos defeituosos. Liker (2005) adiciona também que um dos maiores desperdícios é não utilizar a criatividade das pessoas que trabalham na organização mas este já tinha sido apontado na descrição do TPS como um conceito chave, pensamento criativo, em Monden (1983).

TPS teve (e tem) um desempenho industrial que grandes empresas procuram alcançar resultados semelhantes (Spear & Bowen, 1999). Segundo estes autores, o TPS baseia-se em quatro regras: 1 – todo o trabalho deve ser altamente especificado em relação ao conteúdo, sequência, tempo e resultado desejado; 2 – toda relação cliente-fornecedor deve ser directa, inequívoca no envio de solicitações e recebimento de respostas; 3 – o caminho percorrido por cada produto deve ser simples e directo; 4 – qualquer melhoria deve ser realizada pelos envolvidos na actividade que está sendo melhorada. Estas

regras seguem uma metodologia “científica” orientada por um especialista na metodologia.

Valor significa a capacidade de oferecer um produto/serviço no momento certo a um preço adequado, conforme definido pelo cliente. A base da Lean Production é, eliminar os desperdícios para reduzir os custos de produção e maximizar a satisfação do cliente, ou seja, o valor agregado (Womack & Jones, 2004). Para implementar Lean Production é necessário utilizar técnicas, ou ferramentas, tais com kanban, células de produção, dispositivos a prova de erros (poka-yoke), setup rápido, entre outras. Essas técnicas procuram eliminar actividades que não agregam valor e requerem o envolvimento total das pessoas, pois estes são formados e motivados para assumir total responsabilidade pelo trabalho que realizam (Slack et al., 2002).

### 3.2. Ergonomia

A Ergonomia também conhecida como *human factors*, é uma disciplina científica que trata da interação entre os homens e a tecnologia. A Ergonomia integra o conhecimento proveniente das ciências humanas para adaptar tarefas, sistemas, produtos e ambientes às habilidades e limitações físicas e mentais das pessoas (Karwowski, 1996).

A Ergonomia é uma disciplina científica que estuda as interações dos homens com outros elementos do sistema, fazendo aplicações de teoria, princípios e métodos de projecto, com o objectivo de melhorar o bem-estar humano e o desempenho global do sistema (IEA, 2007). De uma forma mais livre, pode-se dizer que Ergonomia é a adequação do ambiente de trabalho ao homem. Nesse sentido, possui um campo de abrangência bastante amplo, que inclui diversas situações da actividade humana, tais como: posturas, movimentos, fluxo de informações, postos de trabalho, cognição, controlos, formas de organização do trabalho, factores humanos, entre outros (IIDA, 2005). Os domínios de especialização da Ergonomia são classificados da seguinte forma (IEA, 2007):

- a) Ergonomia física: se refere às características da anatomia humana, antropometria, fisiologia e biomecânica e sua relação com a atividade física. Envolve aspectos tais como a postura no trabalho, manuseio de materiais, movimentos repetitivos, LER-DORT, etc;
- b) Ergonomia Cognitiva: se refere aos processos mentais, tais como percepção, memória, raciocínio e resposta motora. Envolve aspectos tais como carga mental de trabalho, tomada de decisão, performance especializada, interação homem-computador, stresse, entre outros;
- c) Ergonomia organizacional: refere-se à otimização de sistemas sociotécnicos, incluindo suas estruturas organizacionais, políticas e processos. Envolve aspectos como comunicações, projeto de trabalho, trabalho em grupo, gestão participativa, entre outros.

A Ergonomia abrange vários aspectos do trabalho, relacionados com o sistema homem-máquina. Assim sendo, há elementos importantes que merecem ser analisados para a melhoria das condições de trabalho (IIDA, 2005):

- O homem: características físicas, fisiológicas, psicológicas e sociais; aspectos ligados ao sexo, idade, motivação e treino; a máquina: equipamentos, ferramentas, mobiliário e instalações;
- O ambiente físico: temperatura, ruído, vibrações, luz, cores, gases etc;
- Informação: comunicação entre os elementos do sistema;
- Organização: horários, turnos, formação de equipas;

- Consequências do trabalho: erros, acidentes, gastos energéticos, fadiga, stress, entre outros.

Procurando atingir os seus objectivos, a Ergonomia tem uma ampla área de actuação, que envolve várias áreas do conhecimento e que passam a fazer parte das preocupações da ergonomia, tais como: biomecânica, antropometria, posto de trabalho, manejos e controlos, dispositivos de informação (percepção da informação), mostradores, memória humana, ambiente (temperatura, ruídos, vibrações, iluminação, cores), factores humanos (monotonia, fadiga, motivação), organização do trabalho (humanização, stress, selecção e formação, alocação das equipas, trabalho nocturno), segurança do trabalho, incluindo o erro humano (IIDA, 2005).

#### 4. TÉCNICAS DE PRODUÇÃO LEAN E OS ASPECTOS ERGONÓMICOS

A implementação de técnicas de Lean Production requer uma série de etapas e ordem para concretizar os conceitos chave do TPS (Monden, 1983):

- Sistema Kanban para alcançar a produção JIT
- Nivelamento da produção misturada para adaptação à procura do mercado
- Minimização de tempos de preparação para reduzir o tempo de entrega
- Normalização de operações (Standard Work) para balancear o sistema
- Implantação do sistema de acordo com o fluxo de produção, i.e. de trabalho e materiais, predominante (produção celular)
- Utilização de trabalhadores polivalentes para conseguir e facilitar o processo de balanceamento do sistema
- Implementação de gestão e controlo visual para conseguir o conceito “Autonomation”
- Implementação de sistemas de comunicação para promover sistemas de manutenção e controlo de qualidade total,...
- Actividades de melhoria por pequenos grupos e sistema de sugestões para reduzir força de trabalho e aumentar a motivação

A implementação destas técnicas começa com a última actividade – actividades de melhoria por pequenos grupos designados de *Quality Control Circles* para envolver todas as pessoas no processo de implementação. A este propósito é importante referir que nas empresas que implementaram TPS estudadas por Spear & Bowen (1999): “...*share an overarching belief that people are the most significant corporate asset and that investments in their knowledge and skills are necessary to build competitiveness.*” and “... *a work environment that is safe physically, emotionally and professionally for every employee*”.

Estas técnicas e sistemas estão relacionados entre si e com outras técnicas também necessárias explicadas a seguir, referindo-se as preocupações ergonómicas que estão presentes em cada umas das técnicas e apresentando alguns casos de implementação. Alguns destes casos, nomeadamente Kmita et al. (2003) relacionam ainda as sete perdas referidas no TPS e a Ergonomia, identificando que essas perdas significam também perdas ergonómicas.

##### 4.1. 5S

Para envolver as pessoas começa-se por responsabilizá-las pelo seu posto de trabalho. Para isso utiliza-se a técnica de 5S que significa fazer a implementação de cinco

palavras começadas por “S” em japonês: Seiri (triagem); Seiton (organização); Seiso (limpeza); Seiketsu (normalização) e Shitsuke (auto-disciplina). A implementação dos 5S é o primeiro passo para implementar TPS porque procura incutir nas pessoas a motivação para melhorar o seu posto. Com um posto de trabalho limpo e apenas com o necessário para o bom funcionamento é possível reduzir o esforço, a fadiga e o stress na procura de peças ou ferramentas e, muitas vezes, reduzir a frustração de não as encontrar. Também é possível reduzir o desânimo quando se produz produtos defeituosos devido a avarias de máquinas por falta de limpeza ou atrasar a entrega de produtos porque não se encontrou a ferramenta necessária. Desta forma, os 5S é uma ferramenta que vai permitir dar ânimo e levantar a moral dos operadores, melhorar a comunicação entre os postos de trabalho, melhorar a qualidade dos produtos e a produtividade (Monden, 1983).

#### **4.2. Sistema Kanban**

O Sistema Kanban envolve algumas práticas para o seu funcionamento. Uma delas, quando empregado o tipo padrão, é a utilização do painel porta kanbans. Esses painéis utilizam cores, normalmente o vermelho, amarelo e verde, para indicar aos operadores o que deve ser produzido no momento (Just in Time), sendo o vermelho a prioridade 1, o amarelo a 2 e o verde a 3. Caso não seja produzido o item que está na situação vermelha pode haver falta de peças e todo o fluxo poderá parar, não só a célula que a produz. O kanban dá aos operadores a autonomia necessária para a tomada de decisão, o que tradicionalmente estaria nas mãos da gerência ou de um órgão de Planeamento e Controle da Produção.

Essa situação caracteriza um enriquecimento do trabalho, o que influi na motivação dos funcionários pela maior sensação de importância que eles têm da tarefa que realizam, contribuindo também para a redução da monotonia (Belmonte & Guimarães, 2004). Como é uma técnica que utiliza cores, pessoas que têm problemas com sua identificação (daltônicos, por exemplo) terão dificuldades em realizar a tarefa (Batistela, 2003). Considerando a situação não será bom para os daltônicos, mas certamente, para aquelas pessoas que não têm qualquer problema é um grande avanço para a produtividade. Além disso, há que se reflectir se a carga de responsabilidade que pesa nesse sistema sobre os operadores, embora positiva sob o ponto de vista do desafio, não se poderá tornar um componente que poderá contribuir com o stress dos mesmos.

Pace (2003) descreve o exemplo da distribuição do leite pelas casas por um leiteiro como um exemplo de Kanban onde se eliminava o desperdício e a falta de produto.

#### **4.3. Produção celular**

A célula de produção é um tipo de implantação que agrupa recursos (operadores, máquinas, ferramentas,...) necessários ao processamento de um produto ou família de produtos. Este tipo de implantação integra as pessoas e as máquinas de uma forma equilibrada (Alves et al., 2003) Os operadores devem actuar como um equipa que produz um produto ou uma peça completa, diferente das operações tradicionais nas quais os operadores fazem tarefas fragmentadas. Como as operações passam a ser não repetitivas, haverá uma diminuição na incidência de LER/DORT (Lesão por Esforço Repetitivo/Distúrbio Osteomuscular Relacionado com o Trabalho). A flexibilidade desta implantação é grande permitindo alterar o número de operadores quando se altera

a taxa de produção, podendo ser necessário e possível alterar os modos operatórios permitindo a adopção de diferentes modos (Oliveira & Alves, 2009).

A célula pode ter vários arranjos das máquinas mas normalmente, está em formato de U (Miltenburg, 2001) para facilitar a integração entre as pessoas do grupo, aproximando-as, além da visualização por todos seus membros da forma como a matéria-prima entra na célula e como ela sai processada, dando mais significado ao trabalho que eles realizam. Isso caracteriza um enriquecimento do cargo, pois a responsabilidade pela qualidade e produtividade cabe ao grupo e cada operador deve possuir a competência para realizar operações diferentes e/ou operar mais de uma máquina ao mesmo tempo, racionalizando a mão-de-obra. O layout em célula possibilita, assim a delegação da responsabilidade pelo resultado da produção para seus operadores, tanto em termos de qualidade como produtividade.

Esse aspecto contribui para a motivação da equipa, uma vez que torna a tarefa desafiante. Além disso, os operadores discutem e procuram resolver por conta própria os problemas que acontecem dentro da célula. O envolvimento das pessoas é fundamental com essa configuração. Olorunniwo & Udo (2002) consideram que há mudanças fundamentais quando é feita a mudança do arranjo físico funcional para o celular e que essas mudanças necessitam de atenção pois, entre outros aspectos, mudam as relações entre supervisores e funcionários.

A mudança de um layout por processo para um celular reduz as distâncias percorridas, que é uma actividade que não agrega valor, e que também traz efeitos positivos no aspecto biomecânico das actividades realizadas, pois menos esforços serão realizados para a movimentação de carga entre postos de trabalho. Guimarães et al. (2005) abordaram no seu artigo a integração dos princípios da macroergonomia com o TPS por meio da utilização do layout celular numa organização e obtiveram resultados positivos tanto no subsistema técnico como humano, o que evidencia os aspectos positivos dessa configuração produtiva.

#### **4.4. Setup rápido**

Quanto ao Setup Rápido, para que seja feita a mudança da produção de uma peça para outra em determinada máquina, de uma forma económica, deve-se fazer com que essa mudança seja realizada no menor tempo possível. Isso envolve o atendimento a procedimentos estabelecidos pela organização, onde estão descritos o passo a passo e o tempo esperado para isso (Shingo, 2000). Há que se saber se os procedimentos foram estabelecidos de tal forma a facilitar a compreensão dos encarregados pela troca e se a tarefa prescrita está sendo de facto utilizada ou se está sendo actualizada para abreviar o tempo, com possíveis riscos para a segurança (Guimarães, 2004b).

A capacidade de trocar rapidamente a ferramentaria e passar de um serviço para outro em menos tempo, rege prática e uma constante rotina. O setup é dividido em actividades externas e internas. A interna são aquelas actividades feitas quando a máquina está parada, enquanto a externa é feita quando a máquina está trabalhando (Slack, 2008). Na percepção de Corrêa & Giansi (1996) existem inúmeras formas de diminuir o setup, isto é o tempo de preparação das máquinas.



#### **4.5. Jidoka ou Autonomation**

Um dos pilares do TPS é o Jidoka (termo em japonês) ou Autonomation (Ohno, 1988). Este conceito permite aumentar a produtividade, a qualidade e a segurança dos trabalhadores. A segurança do trabalhador pode aumentar, retirando-o de tarefas/máquinas perigosas ou, depois de premir o botão, activando cancelas para salvaguardar a segurança do operador ou ainda, projectando mecanismos/sensores que param as máquinas em caso de perigo para o operador. No caso do aumento da qualidade são usados dois mecanismos: o poka-yoke e o sistema andon.

##### **4.5.1. Poka-yoke**

Com a transferência da responsabilidade pela qualidade para os operadores, esses precisam de instrumentos que facilitem seu trabalho. Uma dessas alternativas é o poka-yoke. A ergonomia pode interagir nesse aspecto por meio do desenho ergonómico dos dispositivos, tais como gabaritos ou outros dispositivos que impeçam ou restrinjam a ocorrência de erros, por meio do princípio da compatibilidade espacial, por exemplo, ou por meio da utilização de cores, forma, textura, entre outras opções (Sell, 2004).

##### **4.5.2. Andon**

A autonomia concedida aos operadores dá-lhes a autoridade para parar a linha de produção caso ocorra algum problema de qualidade. A tomada de decisão é o aspecto mais importante do conteúdo cognitivo de uma tarefa. É importante para a ergonomia conhecer quem pode desempenhar determinada tarefa e se poderá desempenhar outras adicionais com conforto e segurança, pois está envolvida nessa questão o aspecto da sobrecarga mental (Guimarães, 2004c). Este sistema poderá ainda servir para melhorar a segurança pois o operador pode parar a linha caso não se sinta bem e ser mais rapidamente recorrido.

#### **4.6. Manutenção Produtiva Total**

O aspecto ergonómico mais relevante ao se utilizar a Manutenção Produtiva Total é o enriquecimento do cargo, pois os trabalhadores, além da operação, da responsabilidade pela qualidade e pelo controle da produção, realizam também parte da manutenção da máquina (Guimarães, 2004d). O treino deverá possibilitar a competência necessária aos operadores para que o trabalho não seja afectado pelo stress em virtude de um possível sentimento de impotência em relação às exigências da tarefa.

#### **4.7. Gestão visual**

Com relação a visibilidade e padronização, as técnicas de produção Lean utilizam bastante a informação visual, como é o caso do kanban. Além dele, outras informações devem estar sempre disponíveis pela fábrica para informar o andamento da produção, tais como indicadores de desempenho, luzes indicando problemas em postos, gráficos, locais delimitados para colocação de produtos, dentro da técnica do 5S entre outras informações. Assim sendo, a maneira como essas informações são passadas implicam uma preocupação ergonómica relativa à facilidade de compreensão e rápida detecção das informações que se deseja perceber.

Um código de cores, por exemplo, pode ser usado para indicar o tipo de problema que o posto está sofrendo (máquina avariada, matéria-prima defeituosa, etc). Embora essa informação agilize a tomada de decisão, a situação pode expor o trabalhador a uma situação de constrangimento uma vez que todos ficam sabendo rapidamente que há um problema ali, por isso é muito importante uma preparação cultural para seu êxito. Após esta preparação, o mais certo é esta situação contribuir para a transparência.

#### 4.8. Standard Work

A padronização dos procedimentos significa uma rigorosa prescrição da tarefa, as quais devem reflectir o trabalho real e ser de fácil entendimento por parte de quem os executa. Os padrões devem ser específicos o suficiente para serem guias úteis, mas também gerais para possibilitar alguma flexibilidade. Além disso, é importante que os próprios operadores colaborem com suas ideias na elaboração dos padrões. Os conceitos actuais de gestão de tecnologia e de inovação apresentam um conjunto de ferramentas que têm sido consideradas de grande importância como apoio à introdução e exercício desta prática nas empresas (Liker, 2005).

#### 4.9. Kaizen ou melhoria contínua

A Melhoria Contínua (MC) é uma ferramenta que pode ser utilizada para proporcionar melhoras em qualquer das dimensões do processo produtivo, fornecendo suportes que contribuem com a organização na redução de custos, tempo, podendo trabalhar com flexibilidade e maior segurança e, principalmente, melhorando o seu serviço. Esse conceito vai ao encontro dos princípios ergonómicos, que visam adequar as condições de trabalho às características do trabalhador no sentido de proporcionar a este maior satisfação na realização da tarefa e consequentemente, maior produtividade.

#### 4.10. Síntese

Na tabela 1, com base na tabela de Elias & Merino (2007), apresentam-se sintetizados os principais aspectos ergonómicos e benefícios envolvidos na aplicação de técnicas e/ou sistemas de Lean Production assim como os autores que os referem.

Tabela 1. Aspectos ergonómicos e benefícios envolvidos nas técnicas de Produção Lean (baseada em Elias & Merino, 2007)

TÉCNICA/SISTEMA	PRINCIPAIS ASPECTOS ERGONÓMICOS E BENEFÍCIOS	AUTORES REFERIDOS
5S	Mais responsabilidade aos trabalhadores, menos acidentes pela confusão no posto de trabalho, menor esforço, menor fadiga, menos stress e menos frustração, mais moral.	Monden (1983)
Sistema Kanban	Uso de cores no ambiente de trabalho; enriquecimento do trabalho; maior autonomia; maior motivação.	Belmonte & Guimarães (2004) Batistela (2003) Pace (2003)
Produção celular	Maior responsabilidade, pode fomentar o trabalho em equipa, enriquecimento do trabalho; gestão participativa nas melhorias e soluções de problemas; tendência de o operador passar a trabalhar de pé, movimentando-se entre os postos; possível alternância de postura poderá ser vantajosa; adequação da altura dos postos de trabalho para operadores multifuncionais com diferenças	Alves et al. (2003) Oliveira & Alves, (2009) Miltenburg (2001) Olorunniwo & Udo (2002) Guimarães et al.

	antropométricas; tendência a menor esforço biomecânico para movimentação de cargas em virtude das menores distâncias.	(2005)
<b>Setup rápido</b>	Menor setup pode conduzir a menos esforço pelo não carregamento contínuo das peças acumuladas, menos lotes de trabalhos junto às máquinas, menos stress de não saber o que fazer pois o atendimento às tarefas prescritas referentes aos procedimentos para troca rápida estão definidos e facilitam o entendimento dos operadores; projecto mais ergonómico das ferramentas e dos meios de movimentação de peças para possibilitar troca rápida sem comprometer a segurança.	Shingo (2000) Guimarães, (2004b) Slack (2008) Corrêa & Gianesi (1996)
<b>Autonomation, Poka-yoke e sistema andon</b>	Aumento do nível de responsabilidade para não ocorrência de erros. Enriquecimento do trabalho pois o trabalhador passa a ter maior controlo sobre o que faz e como faz, dando-lhes maior autonomia, nomeadamente, para parar a linha em caso de problemas e em caso de perigo (aumentar a segurança).	Sell (2004); Guimarães (2004c).
<b>Manutenção produtiva total</b>	Enriquecimento do trabalho, necessidade de formação para que a exigência de actuar na manutenção da máquina não se constitua em factor de stress por sobrecarga mental, maior orgulho no trabalho com qualidade (redução de defeitos).	Guimarães (2004d)
<b>Gestão visual</b>	Facilidade de compreensão dos avisos através do tamanho adequado de letras e números e combinação de cores (gestão à vista); identificação imediata da fonte do problema que pode causar satisfação mas também constrangimento, identificação das competências das pessoas através de matriz de “skills”, indicadores de desempenho conhecidos por todos os trabalhadores.	-
<b>Standard Work</b>	Procura pela melhoria contínua pois o trabalho normalizado pode ser melhorado, Instruções de trabalho documentadas e visualizadas para facilitar a compreensão das tarefas normalizadas. Isto causará menos stress de não saber o que fazer ou como fazer a tarefa seguinte.	Liker (2005)
<b>Kaizen ou melhoria contínua</b>	Maior flexibilidade, maior segurança e melhor serviço que podem conduzir a maior satisfação do trabalhador.	-

## 6. CONCLUSÃO

Neste artigo realizou-se uma revisão bibliográfica sobre aspectos ergonómicos que estão envolvidos nas técnicas de Produção Lean. A implementação destas técnicas vai contribuir para uma melhor ergonomia dos postos de trabalho, verificando-se assim uma forte sinergia entre estas técnicas e a Ergonomia. O objectivo final desta sinergia é conseguir maior produtividade mas não à custa de um trabalho Fordiano, sem conteúdo e sentido para os trabalhadores. Esta produtividade pode também ser conseguida por incutir maior responsabilidade mas, ao mesmo tempo, mais motivação pelo trabalho.

As pessoas precisam de trabalhar não só como forma de sustento mas, principalmente, porque o trabalho dignifica as pessoas. Mas para isso é necessário que este seja desenvolvido num ambiente saudável e com as condições ergonómicas favoráveis ao bom desempenho físico e psicológico do trabalhador. A gestão de topo tem aqui um papel fundamental de fornecer tais condições e abertura de um canal de comunicação privilegiado com os trabalhadores para que estes sintam que podem falar, sugerir, melhorar, ter um sentimento de pertença a uma comunidade que é a empresa que acrescenta valor a produtos mas também a pessoas.

## REFERÊNCIAS

- Alexander, D. & Pulat, B. (1985). *Industrial Ergonomics – A practitioner's guide*, Industrial Engineering & Management Press.
- Alves, A. C. (2007). *Projecto dinâmico de sistemas de produção orientados ao produto*. Guimarães. Tese de doutoramento em Engenharia de Produção e Sistemas, Escola de Engenharia da Universidade do Minho, 2007, Disponível em: <https://repositorium.sdum.uminho.pt/handle/1822/7606>
- Alves, A. C., Lima, R. & Silva, S. C. (2003). *Sistemas de Produção orientados ao Produto – integrando células e pessoas*. Inovação Organizacional, n.º 1, pág. 109-145, Instituto para a Inovação na Formação (INOFOR).
- Arezes, P. M., Dinis-Carvalho, J.; Alves, A. C. (2010). *Threats and Opportunities for Workplace Ergonomics in Lean Environments*. Proceedings of 17th International Annual EurOMA Conference -Managing Operations in Service Economics, (Eds.) R. Sousa, C. Portela, S. S. Pinto, H. Correia, Universidade Católica Portuguesa, 6-9 June, Porto, Portugal.
- Batistela, M. R. (2003). *A Importância da Cor em Ambientes de Trabalho: Um Estudo de Caso*. Florianópolis, 2003. Dissertação (Mestrado em Engenharia de Produção) – Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Produção da Universidade Federal de Santa Catarina.
- Belmonte, F. A. F. & Guimarães, L. B. de M. (2004). *Fatores Humanos na Organização do Trabalho*. In: Guimarães, Lia B. de M. *Ergonomia de Processo*. Vol. 2. Porto Alegre.
- Davis, S. M. (1987). *Future Perfect*. Addison-Wesley, Reading, MA.
- Donadone, Júlio C. & Sznclwar, Laerte I. (2004). *Dinâmica organizacional, crescimento das consultorias e mudanças nos conteúdos gerenciais nos anos 90*. In: *Produção*, vol. 14. n.º 2, p. 58-69.
- Dul, J. & Weerdmeester, B. (1993). *Ergonomics for Beginners – A quick reference guide*, Taylor & Francis
- Elias, S. J. B. & Merino, E. (2007). *Aspectos ergonômicos na utilização das técnicas de produção enxuta: uma contribuição para a melhoria global do sistema produtivo*. ENEGEP2007.
- Graca, L., (2002). *Novas formas de organização do trabalho*. [Access 2006-03-15]. On-line at <http://www.ensp.unl.pt/luis.graca/textos164.html>.
- Grandjean, E. (1998). *Manual de Ergonomia – Adaptando o trabalho ao homem*. Bookman
- Guimarães, L. B. de M. (2004a). *Introdução à 4ª fase da Ergonomia*. In: Guimarães, Lia B. de M. *Ergonomia de processo*. Porto Alegre,
- Guimarães, L. B. de M. (2004b). *Design Ergonômico: Postos de Trabalho, Equipamentos e Ferramentas*. In: GUIMARÃES, Lia B. de M. *Ergonomia do Produto*. vol. 2, Porto Alegre.
- Guimarães, L. B. de M. (2004c). *Tomada de Decisão e Controle Cognitivo*. In: GUIMARÃES, Lia B. de M. *Ergonomia cognitiva*. Porto Alegre.
- Guimarães, L. B. de M. (2004d). *Organização do Trabalho*. In: GUIMARÃES, Lia B. de M. *Ergonomia do Processo*. Vol.2. Porto Alegre,
- IEA – International Ergonomics Association. Disponível em <http://www.iea.cc>.
- IIDA, I. *Ergonomia: Projeto e Produção*. São Paulo: Edgard Blücher, 2005.
- Karwowski, W. (1996). *IEA Facts and Background*. Louisville: IEA Press, January 43.

- KMITA, S. F.; PORTICH, P. & GUIMARÃES, L. B. de M. Custos Ergonômicos + 7 perdas: 8 Perdas no Sistema de Produção. In: XXIII Encontro Nacional de Engenharia de Produção – ENEGEP. Ouro Preto, out/2003.
- LEI – Lean Enterprise Institute (2009) “Lean transformations getting more emphasis in recession”, survey
- Liker, J. K. & Morgan, J. M. (2006) “The Toyota Way in Services: The Case of Lean Product Development”, *Academy of Management Perspectives*, pp. 5-20
- Liker, J. K. (2005). O Modelo Toyota: 14 Princípios de Gestão do Maior Fabricante do Mundo. Porto Alegre: Bookman.
- Martins, P.G. & Laugeni, F.P. (2009). Administração da Produção. 2ª ed. São Paulo: Saraiva
- Melton, T. (2005) “The benefits of lean manufacturing: What Lean Thinking has to Offer the Process Industries”, *Chemical Engineering Research and Design*, 83(A6): 662–673
- Miltenburg, J. (2001). U-shaped production lines: A review of theory and practice. *International Journal of Production Economics*, vol. 70, pp. 201-214
- Monden, Y. (1983). Toyota Production System. First edition, Industrial Engineering and Management Press
- Oliveira, A. R. & Alves, A. C. (2009). Operating modes in manufacturing cells – An Action Research study. in *Proceedings of the 5th International Conference on Intelligent Manufacturing & Logistics Systems and Symposium on Group Technology and Cellular Manufacturing (GT/CM 2009)*, (Eds.) Mitsuo Gen, Gursel A. Suer, Hark Hwang, Kap Hwan Kim, Katsuhisa Ohno and Shigeru Fujimara – February 16-18, Kitakyushu, Japan, pp. 107-115.
- Pace, J. H. (2003). O Kanban na Prática. Rio de Janeiro: Qualitimark.
- Page, M. (2007) “Much more than lean production”, *The manufacturer*. Disponível em <[http://www.themanufacturer.com/uk/content/7599/Much\\_more\\_than\\_lean\\_production.html](http://www.themanufacturer.com/uk/content/7599/Much_more_than_lean_production.html)>, acessado em 28.12.2010
- Sell, I. (2004). Uso da Ergonomia no Projeto de Produtos. In: GUIMARÃES, Lia B. de M. Ergonomia do produto. Vol.2, Porto Alegre.
- Shah, R. & Ward, P. T. (2003) “Lean manufacturing: context, practice bundles, and performance”, *Journal of Operations Management*, vol. 21, pp. 129–149
- Slack, N., Chambers, S. & Johnston, R. (2008). Administração da Produção. 2ª ed. – 8ª. reimpr. - São Paulo: Atlas.
- Spear, S. & Bowen, H. K. (1999). Decoding the DNA of the Toyota Production System. *Harvard Business Review*, Boston: Harvard Business School, v. 77, nº 5, p. 97-106.
- Spear, S. J. (2004). Learning to lead at Toyota. *Harvard Business Review*, May, 78-86.
- Tu, Q., Vonderembse, M. A. e Ragu-Nathan, T. S. (2004). Manufacturing practices: antecedents to mass customization. *Production Planning and Control*, vol. 15, nº 4, pp. 373-380.
- Womack, J. P. & Jones, D. T. (1996). Lean Thinking. Siman & Schuster, New York, USA.
- Womack, J. P. & Jones, D. T. (2004). A Mentalidade Enxuta nas Empresas. Rio de Janeiro: Campus.
- Womack, J. P., Jones, D. T. & Roos, D. (1990). The machine that changes the world. Rawson Associates, NY (USA).